

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-84429

(43) 公開日 平成5年(1993)4月6日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> 識別記号 施内整理番号 F I  
B 0 1 D 63/16 8014-4D  
63/06 8014-4D  
C 1 2 M 1/12 2104-4B

審査請求 未請求 請求項の数2(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平3-277020

(71)出願人 000010087

東陶機器株式会社

福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号

(22)出願日 平成3年(1991)9月27日

(72) 発明者 松下 幸之助

福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 東陶機器株式会社内

(72) 稔明者 清水 康和

福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1  
号 東陶機器株式会社内

(72) 発明者 下寺 健一

福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1  
号 東陶機器株式会社内

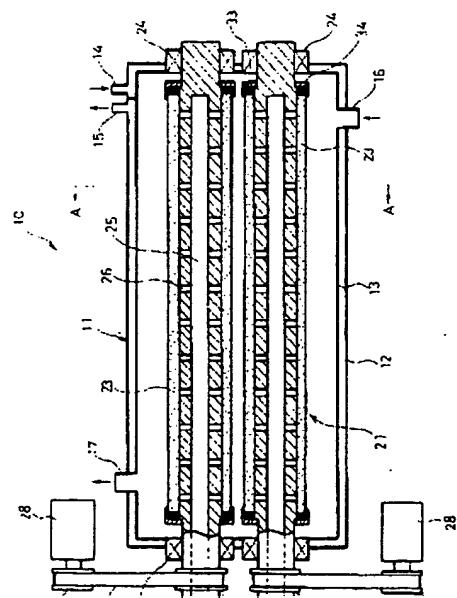
(74) 代理人 弁理士 下山 容一郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 膜分離装置

(57) **【要約】**

【目的】 特別の動力或いは洗浄部材を用いることなく、分離膜表面に付着したケーキ屑等を除去し、絶時的な膜透過流束の低下を防止する。

【構成】 膜分離装置10は密閉容器11内に複数の濾過膜ユニット21を配設している。密閉容器11の内側ケース13には外側ケース12を貫通して被処理液の流入口16と濃縮液の出口17を設けている。濾過膜ユニット21は中空回転軸22と、この中空回転軸22の外周面に装着された筒状分離膜23からなる。中空回転軸22は軸受け24を介して密閉容器11を貫通して回転自在に支承され、隣接する中空回転軸22同士は互いに近接して平行に配列され、中空部25を透過液の通路とし、軸方向に等間隔で筒状分離膜23を透過した透過液を中空部25に導く連通孔26を形成している。



1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】被処理液の流入口(16)と濃縮液の流出口(17)を備えた密閉容器(11)内に濾過膜ユニット(21)を設けた膜分離装置において、前記濾過膜ユニット(21)は互いに近接して平行に配列された中空部(25)を備えた複数本の中空回転軸(22)と、この中空回転軸(22)の外周面に接着された筒状分離膜(23)からなり、更に各中空回転軸(22)は回転方向を同一にするとともに筒状分離膜(23)を透過した透過液を前記中空部(25)に導く連通孔(26)を形成していることを特徴とする膜分離装置。

【請求項2】前記密閉容器(11)は個々の濾過膜ユニット(21)を収める膨出部(11a)を括れ部(11b)で連続した形状をなしていることを特徴とする請求項1に記載の膜分離装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は例えばバイオリアクターにおける菌体の濃縮に用いる膜分離装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】相分離を伴わない省エネルギーな分離方法として膜分離がバイオリアクター等に利用されている。斯かる膜分離を行う装置としては特開平1-215308号公報、特開昭62-180706号公報或いは特開昭61-138505号公報に開示されるものがある。これらはいずれも密閉容器内に回転する濾過膜ユニットを設け、密閉容器内に導入した培養液などの被処理液を濾過膜ユニットに接触せしめ、濾過膜にて透過液と濃縮液に分離して回収若しくは循環するようにしている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】特開平1-215308号公報及び特開昭62-180706号公報に開示される膜分離装置の濾過膜ユニットは回転軸を中心として、その周間に多数の中空糸状分離膜を配列した構成となっている。このため、回転軸に近い位置にある分離膜と遠い位置にある分離膜とでは被処理液に加わる剪断応力が異なり、微生物や細胞等の剪断応力に弱い物質を含む被処理液を分離するのには不利が大きい。更に多数の中空糸状分離膜を配列しているので内側の中空糸状分離膜の表面に付着したケーキ層やゲル層等のファウリング層を除去しにくい。

【0004】一方、特開昭61-138505号公報に開示される膜分離装置にあっては、スponジ等の洗浄部材をドラムに張設した分離膜表面に接触せしめてファウリング層を除去しているが、これでは洗浄のための機構が付加されるだけでなく、分離膜に直接スponジ等の部材が接触するため、膜の寿命が極めて短くなってしまう。尚、逆洗や薬品による洗浄は特開昭61-138505号公報にも述べられているように逆転を停止しなけ

ればならない等種々の問題がある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決すべく本発明は、被処理液の流入口と濃縮液の流出口を備えた密閉容器内に設ける濾過膜ユニットを互いに近接して平行に配列され且つ同一方向に回転する複数本の中空回転軸と、この中空回転軸の外周面に接着された筒状分離膜にて構成した。

## 【0006】

【作用】各濾過膜ユニットは同一方向に回転しているため、互いに近接する対向部の隙間においては膜面が互いに反対方向に走行し、その結果当該隙間に渦流が発生し、この渦流の剪断応力によって分離膜表面に付着したファウリング層が除去される。

## 【0007】

【実施例】以下に本発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。ここで、図1は本発明に係る膜分離装置を適用した濾過システムの一例を示す図、図2は同膜分離装置の断面図、図3は図2のA-A線断面図である。

【0008】濾過システムは貯蔵タンク1内に被処理液を貯蔵し、この被処理液を無菌フィルタ3を備えたコンプレッサ2から加圧気体を貯蔵タンク1内に供給することで配管4を通して本発明に係る膜分離装置10に供給し、この膜分離装置10にて被処理液を透過液と濃縮液に分離し、濃縮液については配管5を通して貯蔵タンク1に戻し、透過液については配管6を介して透過液貯蔵タンク7a、7b、7cに蓄えるようにしている。尚、透過液貯蔵タンク7b、7cについては真空ポンプ8に接続している。

【0009】膜分離装置10は密閉容器11内に複数の濾過膜ユニット21を配設している。密閉容器11は外側ケース12と内側ケース13からなるジャケット構造とし、外側ケース12には温度調節用の温水の人口14及び出口15を設け、内側ケース13には外側ケース12を貫通して被処理液の流入口16と濃縮液の流出口17を設けている。

【0010】ここで、密閉容器11の形状は図3に示すようなボックス状或いは円筒状の他に、図4に示すように1つの濾過膜ユニット21を収納する膨出部11aを括れ部11bで連続した形状としてもよい。このようにすることで、隣接する濾過膜ユニット21、21の対向部以外の部分においてテイラーカーブが生じ、ファウリング層の掻き取り効果が高まる。

【0011】一方、濾過膜ユニット21は中空部25を備えた中空回転軸22と、この中空回転軸22の外周面に接着された筒状分離膜23からなる。中空回転軸22は軸受け24を介して密閉容器11を貫通して回転自在に支承され、隣接する中空回転軸22同士は互いに近接して平行に配列され、中空部25を透過液の通路とし、軸方向に等間隔で筒状分離膜23を透過した透過液を中

空部25に導く連通孔26を形成している。

【0012】そして、中空回転軸22の一端にはブーリ27が嵌着され、このブーリ27とモータ28によって回転するブーリ29とをベルト30で連結し、モータ28の駆動力にて各濾過膜ユニット21の中空回転軸22を同一方向に回転せしめるようしている。尚、各濾過膜ユニット21毎にモータ28を設けず、図6に示すように1個のモータ28の駆動力を軸31及びギヤ列32…を介して各中空回転軸22に伝達して同一方向に回転せしめてもよい。また濾過膜ユニット21の本数は図示した2本或いは3本に限らずこれ以上であってもよい。

【0013】筒状分離膜23はOリング33を介してナット部材34にて中空回転軸22の外周面に螺着される。筒状分離膜23としては例えばセラミック製とし、その構造は細孔径が10～100μmの支持体層の上に細孔径が0.01～5μmの多孔質層を形成した多層構造のものとし、細孔径としては微粒子除去の場合は精密濾過膜のものを、高分子成分除去の場合は限外濾過膜のものを選定する。尚、筒状分離膜23の材質としては金属やプラスチックを用いることも可能である。

【0014】以上において、貯蔵タンク1内の被処理液を膜分離装置10の密閉容器11内に供給するとともに各濾過膜ユニット21を同一方向に回転せしめる。すると、処理液を膜面に沿って流すクロスフロー濾過と同一の機構により、処理液は透過液と濃縮液に分離され、濃縮液は再び貯蔵タンク内1に戻され、透過液は濾過膜ユニット21の筒状分離膜23、中空回転軸22の連通孔及び中空部25を経て透過液貯蔵タンクに蓄えられる。

【0015】ここで、各濾過膜ユニット21は同一方向に回転しているため、図7に示すように互いに近接する対向部の隙間においては分離膜23の表面が互いに反対方向に走行する。そして、分離膜23表面近傍には膜の走行に引き摺られて流体の流分布つまり境界層が形成され、隣接する濾過膜ユニットの境界層が互いに作用し合って図に示すような渦流が生じ、この渦流によって膜面に付着したファウリング層が除去される。

【0016】尚、上記の境界層の厚さδは、膜の速度には無関係で、流体の動粘度をν、膜が動作し始めてからの時間をtとすると、 $\delta = (12\nu t)^{1/3}$ で計算される。この式からも分るように濾過膜ユニット21が回転し始めてから渦流が生じるまでにはある程度に時間が必要であり、また膜面に付着したファウリング層を除去するのに有効な渦流を発生させるには隣接する分離膜23、23の間隔を濾過膜ユニット21の直徑よりも小さくすることが好ましい。

【0017】また、上記の渦流は層流状態と乱流状態との中間の遷移領域で発生するテイラー渦とその発生機構が異なる。本発明の膜分離装置においてはテイラー渦が

のに有効な渦流が発生するので、動力的に有利である。尚、図4に示した構造にすると、濾過膜ユニット21の互いに近接する対向部の隙間以外にはテイラー渦が生じやすいので、掻き取り効果は更に高まる。

【0018】図8は本発明の膜分離装置と従来の膜分離装置を用いて枯草菌発酵により生産したα-アミラーゼを発酵液から分離する場合の透過流束の経時変化を比較したグラフである。ここで、使用した枯草菌はα-アミラーゼ生産性の高活性菌で、株名はBacillus caldolyticus DSM405を用い、この菌を前培養した後、20リットルの発酵タンクで、マルトース・カシトン培地（カシトン；1g/リットル、マルトース；1g/リットル、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>；0.05g/リットル、CaCl<sub>2</sub>；2H<sub>2</sub>O；0.1g/リットル、MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O；0.25g/リットル、MnCl<sub>2</sub>；0.001g/リットル、FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O；0.03g/リットル）で回分培養を行った。培養温度は60℃、培養時間は8時間とした。その結果、回分発酵終了における菌体濃度は13,000mg/l、生菌数は2.4×10<sup>10</sup>個/ml、α-アミラーゼの活性は500U/l、発酵液の粘度は1.8cPの発酵液を作成した。そして、この発酵液からα-アミラーゼを分離する本発明及び従来の各装置の運転条件等は以下の通りである。

【0019】（本発明装置）先ず、空の密閉容器11の流入口16から121℃以上の蒸気を送り込んで、20分間以上121℃に保って滅菌を行った後、α-アミラーゼの失活を防ぐために、温水入口14から温水を供給して密閉容器11内を60℃に制御した。そして、温度が60℃に制御されてから流入口16より発酵液をコンプレッサ2により圧送した。コンプレッサの圧力は密閉容器11内の圧力が0.5kg/cm<sup>2</sup>になるようにした。また濾過の進行に伴って減少した発酵液は、圧送によりタンク1内の発酵液を補充し、真空ポンプ8による減圧は行わなかった。また、濾過膜ユニット21は2本でその間隔は1mmとし、各濾過膜ユニット21は同一方向に63.7rpmで回転させ、膜面流速は1.00m/sとした。また筒状分離膜23としては、高純度アルミナ製とし、細孔径10～100μmの支持体層の上に細孔径0.1μmの多孔質層を形成し、外径30mm、内径26mm、長さ500mmで、2本の濾過膜ユニットの総膜面積が0.094m<sup>2</sup>となる精密濾過膜を使用した。

【0020】（従来装置：円筒膜）システムの全体構成は図9(a)に示すように、膜モジュール100を上下に直列に接続し、この膜モジュール100内に本発明に用いた筒状分離膜23と同一の筒状分離膜をセットし、膜面流速を1.00m/s、膜間差圧をポンプによる加圧のみで0.5kg/cm<sup>2</sup>として行った。尚、図9において図1に示したもののと同一のものには同一の番号を

5

【0021】(従来装置:回転平膜)システムの全体構成は図9(b)に示すように、モータ101にて回転せしめられる回転平膜102を密閉容器内に配置した膜モジュールを用いて分離を行うようにした。密閉容器の容量は2.1リットル、分離膜は高純度アルミナ製で、細孔径が1.0~1.00μmの支持層の上に0.1μmの多孔質層を形成したものとし、膜の寸法は外径2.60m、内径8.9mmの円板で、総膜面積は0.094m<sup>2</sup>とし、膜の回転速度は109rpmとし回転平膜の平均半径の位置における膜面流速を1.00m/s、膜間差圧をコンプレッサで0.5kg/cm<sup>2</sup>として行った。

【0022】上記の実験において、滤過開始後4時間後における透過液中のα-アミラーゼの活性は3種類の膜分離装置のいずれも500U/lで当初の活性と同じであったが、生菌数は円筒膜を用いた従来装置では2.4×10<sup>8</sup>個/mlから1.4×10<sup>8</sup>個/ml(58%)に、回転平膜を用いた従来装置では1.9×10<sup>8</sup>個/ml(79%)に減少したのに対し、本願発明では2.2×10<sup>8</sup>個/ml(92%)に減少しただけであった。これは本願発明においては循環ポンプを必要とせず、被処理液に作用する剪断応力が一定であるからと考えられる。このように本発明にあっては循環ポンプを用いなくともクロスフロー滤過を行えるため、図示例では循環ポンプを用いない例を示したが、循環ポンプを用いて連続運転するようにしてもよいのは勿論である。

【0023】

【発明の効果】以上の説明及び図8に示した実験結果からも明らかのように本発明によれば、密閉容器内に配置する滤過膜ユニットを互いに近接して平行に配列され且つ同一方向に回転する複数本の中空回転軸と、この中空

10

回転軸の外周面に装着された筒状分離膜にて構成したので、互いに近接する対向部の隙間に渦流が発生し、この渦流の剪断応力によって分離膜表面に付着したファウリング層が除去され、高い膜透過流束を維持でき、しかも被処理液に加わる剪断応力が一定であるのでバイオリアクター等に本願装置を組みることにより、菌体の死滅を有効に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る膜分離装置を適用した滤過システムの一例を示す図

【図2】同膜分離装置の断面図

【図3】図2のA-A線断面図

【図4】密閉容器の別実施例を示す図3と同様の断面図

【図5】膜分離装置の要部拡大断面図

【図6】駆動方式を異らせた膜分離装置の別実施例を示す図2と同様の断面図

【図7】隣接する滤過膜ユニットの隙間に発生する渦流を示す図

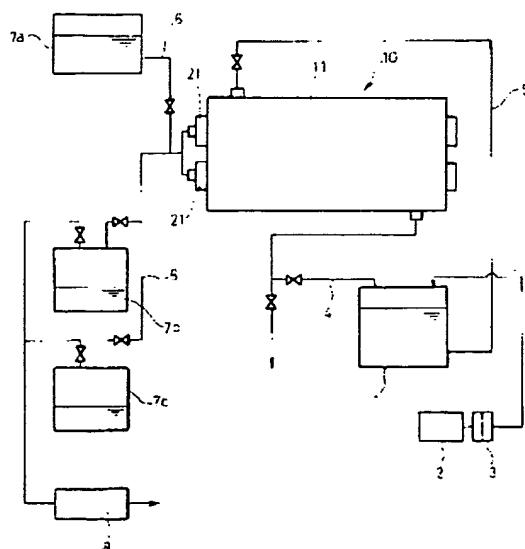
【図8】本発明の膜分離装置と従来の膜分離装置の透過流束の経時変化を示すグラフ

【図9】本発明との比較に用いた従来の膜分離装置の概略構成図

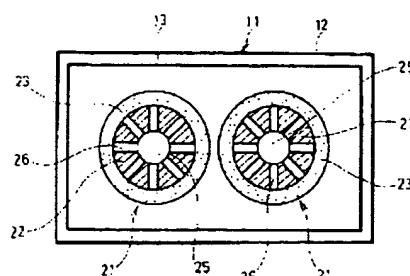
【符号の説明】

1…貯蔵タンク、2…コンプレッサ、5…、6…、7a…、7b…、7c…透過液貯蔵タンク、10…膜分離装置、11…密閉容器、11a…膨出部、11b…括れ部、12…外側ケース、13…内側ケース、14…温水の人口、15…温水の出口、16…被処理液の流入口、17…濃縮液の流出口、21…滤過膜ユニット、22…中空回転軸、23…筒状分離膜、25…中空部。

【図1】



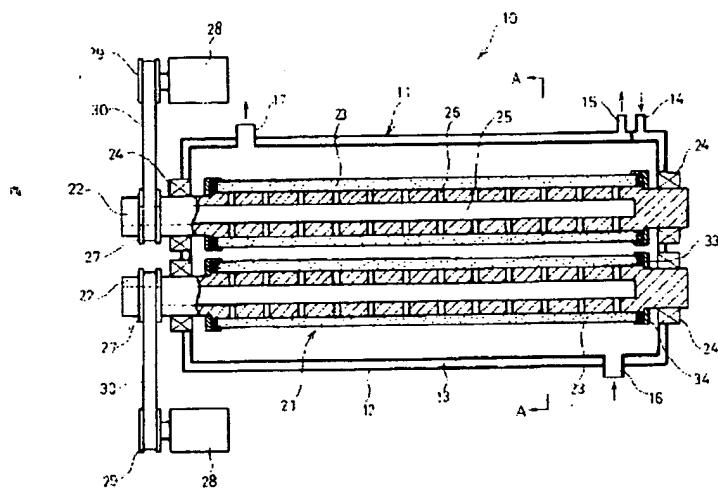
【図3】



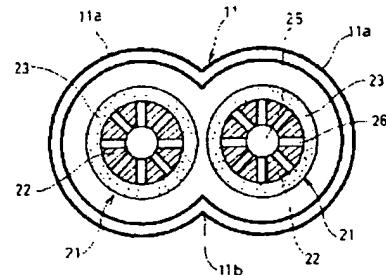
(5)

特開平5-84429

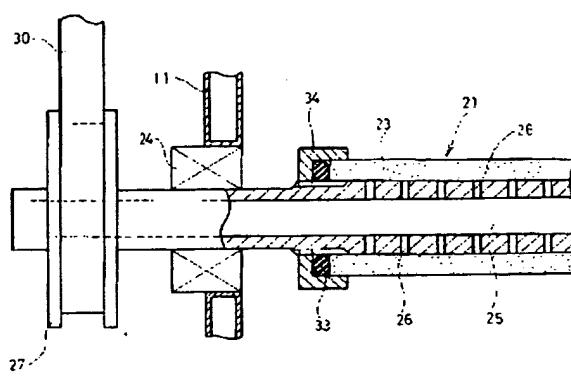
【図2】



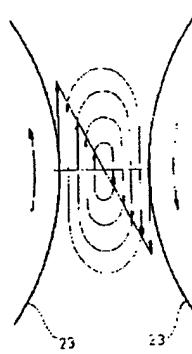
〔圖4〕



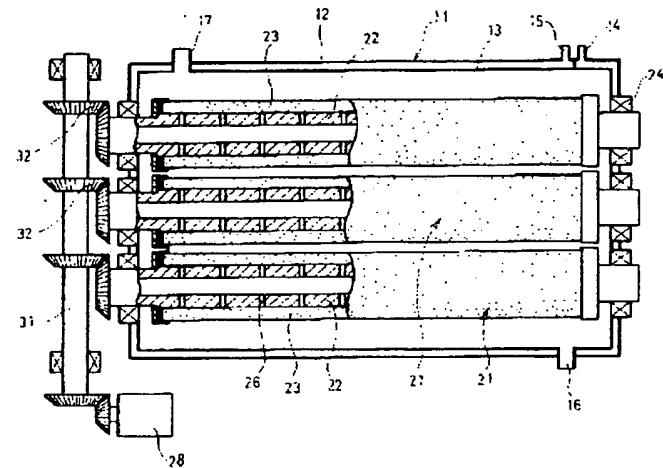
【図5】



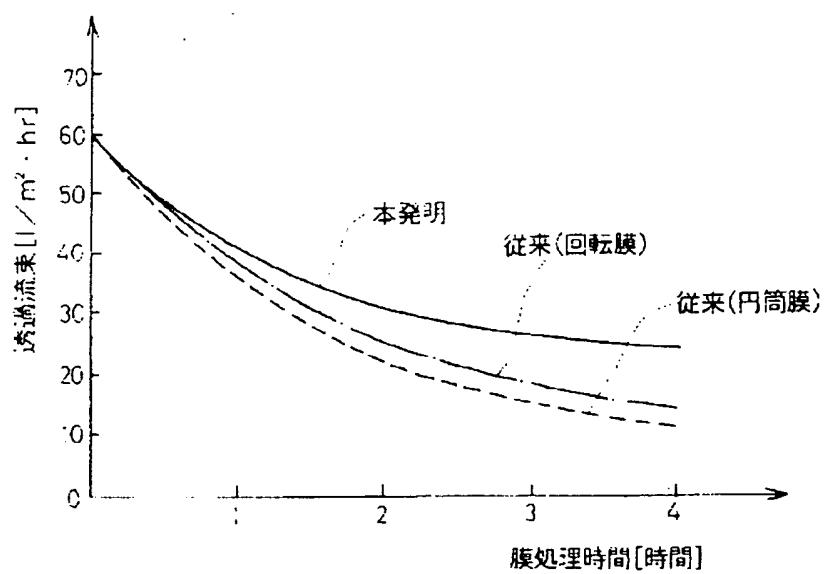
[図7]



【図6】



【図8】



(7)

特開平5-84429

【図9】

